

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-102430

(43)Date of publication of application : 13.04.1999

(51)Int.Cl.

G06T 1/00

H04N 1/387

(21)Application number : 09-260407

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 25.09.1997

(72)Inventor : NAKO KAZUYUKI

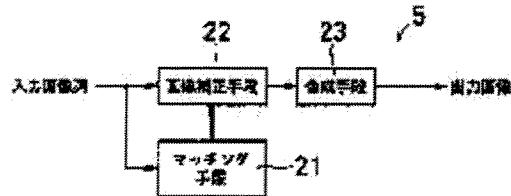
NAKAMURA MITSUAKI

## (54) IMAGE PROCESSOR

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To correct the differences in brightness among plural images and to correct the color tones of a composite image by deciding the central value of a density distribution of pixels of an overlapping area of two sheets of images and then multiplying the density value of each pixel of one of both images by the ratio set between the central value of both images.

**SOLUTION:** When the central arithmetic processing circuit of an image processor 5 executes an operation program, a matching means 21 decides on a specific image that overlaps each image of an input image string and also obtains matching information to show the positional relation between both overlapping images. An image correction means 22 refers to the matching information on each image to correct the density value of each image of the input image strings. A composting means 23 composites plural images which have undergone the correction of their density values. Then the central value of a density distribution of the pixels of an overlapping area of two images and the density value of each pixel of one of both images is multiplied by the ratio set between the central value of both images to correct the density value.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-102430

(43)公開日 平成11年(1999)4月13日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
G 0 6 T 1/00  
H 0 4 N 1/387

識別記号

F I  
G 0 6 F 15/66 4 7 0 J  
H 0 4 N 1/387  
G 0 6 F 15/62 3 8 0

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 19 頁)

(21)出願番号

特願平9-260407

(22)出願日

平成9年(1997)9月25日

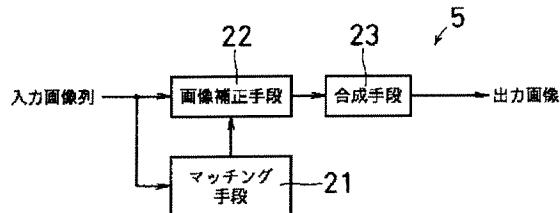
(71)出願人 000005049  
シャープ株式会社  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号  
(72)発明者 名古 和行  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ヤープ株式会社内  
(72)発明者 中村 三津明  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ヤープ株式会社内  
(74)代理人 弁理士 西教 圭一郎

(54)【発明の名称】 画像処理装置

(57)【要約】

【課題】 合成対象の2枚の画像の濃淡および色調を合わせる。

【解決手段】 画像処理装置5は、まず、処理対象の2枚の画像の重複領域を求め、濃度値統計手段22の濃度値統計部によって、各画像の重複領域の画素の濃度値の分布を代表する代表値m r 1, m c 2をそれぞれ求める。次いで、画像補正手段22の濃度値補正部によって、一方の画像の前記代表値m r 2に対する他方の画像の前記代表値m c 1の比Rを一方の画像の各画素の濃度値に乘算することによって、2枚の画像の全体の明るさを合わせる。また処理対象の画像が3枚以上ある場合、前記濃度値の比の見積もり誤りの割合を求めて、その割合から補正率の修正率を求め、修正率に基づいて補正された補正率によって、各画像の画素の濃度値を補正する。さらに、濃度補正後の画像を合成し、合成後の画像に対して、ホワイトバランス補正を行う。



### 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の画素からなる 2 枚の画像  $P_1, P_2$  が相互に重なる重複領域を求める重複領域決定手段と、各画像  $P_1, P_2$  の重複領域の画素の濃度値の分布を代表する代表値  $m_{r1}, m_{c2}$  を求める濃度値統計手段と、一方の画像  $P_2$  の代表値  $m_{c2}$  に対する他方の画像  $P_1$  の代表値  $m_{r1}$  の比  $R$  ( $= m_{r1} / m_{c2}$ ) を、一方の画像  $P_2$  の各画素の濃度値に乘算する濃度値補正手段とを含むことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】 前記各代表値  $m_{r1}, m_{c2}$  は、前記各画像  $P_1, P_2$  の重複領域の画素の濃度値の平均値であることを特徴とする請求項 1 記載の画像処理装置。

【請求項 3】 前記重複領域決定手段は、2 枚の前記画像  $P_1, P_2$  の濃度値の分布が等しい部分を相互に重ねた場合の前記各画像  $P_1, P_2$  の座標系の原点のずれを求め、座標系の原点を求めたずれだけずらして前記画像  $P_1, P_2$  を相互に重ねた場合に重なる領域すべてを重複領域とし、前記濃度値統計手段は、重複領域よりもさらに内側の領域の画素の濃度値の代表値を求める特徴とする請求項 1 記載の画像処理装置。

【請求項 4】 前記濃度値統計手段は、前記重複領域の全画素数よりも少ない数の画素の濃度値の代表値を求める特徴とする請求項 1 記載の画像処理装置。

【請求項 5】 前記濃度値は、予め定める 3 色の成分によって構成され、前記濃度値統計手段と前記濃度値補正手段とは、濃度値の各成分毎に処理を行う特徴とする請求項 1 記載の画像処理装置。

【請求項 6】 複数の画素からなる複数の画像  $P_1 \sim P_n$  について、一対の画像  $P_{k-1}, P_k$  ( $k = 2 \sim n$ ) が相互に重なる重複領域を、それぞれ求める重複領域決定手段と、各一対の画像  $P_{k-1}, P_k$  の重複領域の画素の濃度値の分布を代表する代表値  $m_{rk-1}, m_{ck}$  を、それぞれ求める濃度値統計手段と、

複数の画像のうちのいずれか 1 つの画像  $P_1$  を基準とした複数の画像のうちの残余の各画像  $P_k$  の各画素の濃度値の比  $R_k$  を、各一対の画像  $P_{k-1}, P_k$  の代表値  $m_{rk-1}, m_{ck}$  の比に基づいてそれぞれ求める補正率演算手段と、

複数の比  $R_2 \sim R_n$  の分布に基づいて、各比  $R_k$  の修正率  $X_k$  を求める修正率演算手段と、各画像  $P_1 \sim P_n$  毎に、該画像  $P_k$  の比  $R_k$  と修正率  $X_k$  に基づいて、各画素の濃度値を補正する濃度値補正手段とを含むことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 7】 前記複数の比  $R_2 \sim R_n$  を格納するテーブルと、

テーブルに格納された前記各比  $R_k$  を、前記修正率  $X_k$  に基づいてそれぞれ修正する修正手段とをさらに含み、前記濃度値補正手段は、前記各画像  $P_1 \sim P_n$  毎に、テーブルに格納された修正後の比  $R_k$  に基づいて、各画素の濃度値を補正することを特徴とする請求項 6 記載の画像処理装置。

【請求項 8】 前記修正率演算手段は、前記重複領域を順次重ねて前記画像  $P_1 \sim P_n$  を並べた場合の並べ順  $k$  と前記各画像  $P_k$  の比  $R_k$  との関係を予め定める近似式によって近似し、その近似式の定数と並べ順  $k$  に基づいて前記各修正率  $X_k$  を定めることを特徴とする請求項 6 記載の画像処理装置。

【請求項 9】 前記近似式は指数関数 ( $y = a^x$ ) であり、前記定数は指数関数の底  $a$  であることを特徴とする請求項 8 記載の画像処理装置。

【請求項 10】 前記濃度値は、予め定める 3 色の成分によって構成され、

前記濃度値統計手段、前記補正率演算手段、前記修正率演算手段、および前記濃度値補正手段は、濃度値の各成分毎に処理を行う特徴とする請求項 6 記載の画像処理装置。

【請求項 11】 各画素の濃度値が補正された画像を、前記重複領域を順次重ねて合成する合成手段をさらに含むことを特徴とする請求項 6 記載の画像処理装置。

【請求項 12】 合成された画像のホワイトバランスを補正するホワイトバランス補正手段をさらに含むことを特徴とする請求項 11 記載の画像処理装置。

### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

【発明が属する技術分野】 本発明は、2 枚以上の画像の全体の明るさが等しくなるように各画像の画素の濃度値を補正し、さらに合成された画像の色調を正しく補正するための画像処理装置に関する。

#### 【0002】

【従来の技術】 従来、画像処理装置において、画像信号で表される一対の画像を合成するには、まず両画像が相互に重なる重複領域を求める。次いで、一対の画像を重複領域を重ねて並べるように各画像を個別に表す画像信号を合成して、合成画像を表す画像信号を生成する。

【0003】 前記一対の画像を得るために、たとえば CCDイメージセンサおよび AGC (Auto Gain Control) 回路を備えた撮影装置を 1 台用い、2 回連続して被写体を撮影する。この場合、AGC 回路が被写体周辺の明るさ等の撮影条件に応じて CCD イメージセンサの利得を自動的に変化させて、各画像の全体の明るさ、すなわち濃淡および色調が相互に異なることがある。このことは、蛍光灯のように明るさが連続的に変わる光源下で撮影を行った場合に顕著に表れる。さらにまた、被写体を複数の撮影装置によって同時に撮影して、各撮影装置で得られた画像を前記一対の画像とした場合にも、

各撮影装置の撮影素子の特性の違いによって、各画像の全体の明るさが相互に異なることがある。

【0004】このような一対の画像を合成する場合、合成画像の画素の濃度が、合成画像のうちで両画像のつなぎ目に相当する部分で急激に変化し、そのために合成画像内に濃淡および色調の境目ができることがある。合成画像内の画素の濃度の変化を滑らかにするために、たとえば、画像信号の合成の際にグラデーション処理が施される。グラデーション処理では、合成画像の各画素の濃度を定めるときに、合成画像のうちの前記つなぎ目に相当する部分と処理対象の画素との距離に応じて、濃度値決定に寄与する各画像の割合を段階的または連続的に変化させる。グラデーション処理を用いることができるのには、両画像間の全体の明るさの差が小さい場合であり、この差が大きい場合には、グラデーション処理を用いても、合成画像の濃度値の変化が滑らかになりにくい。

【0005】また、合成画像の画素の濃度を滑らかに変化させるために、画像信号の合成の前に、一対の画像の全体の明るさを合わせておくことがある。一対の画像の全体の明るさを合わせる濃度値補正方法として、ヒストグラム一致法および線形濃度変換法が知られている。

【0006】ヒストグラム一致法は、各画像の重複領域の画素の濃度値のヒストグラムをそれぞれ求め、求めたヒストグラムを参照して、両重複領域のヒストグラムが一致するように、各画像全体の画素の濃度変換を行う。このヒストグラム一致法は、画像解析ハンドブック（高木幹雄、下田陽久監修、東京大学出版会）463頁、478頁～479頁に記載されている。

【0007】ヒストグラム一致法を用いた従来技術と  
$$PL^* = aPL + b$$

【0010】前述の撮影装置によって一対の画像を得る場合、その撮影装置のレンズ等の要因によって画像に写る被写体の像に部分的な歪みが生じることある。また、重複領域を求める場合の誤差によって、求められた重複領域が実際に画像が重なる領域とずれことがある。これによって、重複領域間の画素の対応がずれることある。このため、最小2乗法を用いても、式1の係数を正しく推定することが困難になる。

【0011】さらにまた、ヒストグラム一致法および線形濃度変換法を用いた濃度補正方法では、2～3枚程の画像の全体の明るさを合わせることはできるが、たとえば10枚以上の画像の全体の明るさを合わせることは困難である。これは、以下の理由からである。

【0012】たとえば、撮影装置の撮影範囲を移動させつつ被写体を複数回撮影することによって複数の画像を得る場合、撮影範囲内に被写体表面の反射および影が入ることがある。被写体と撮影装置と光源との位置関係がほとんど変わらないように撮影範囲を移動させたとき、撮影範囲の移動速度は、反射および影の位置の移動速度よりも大きい。このため、各画像には、ほぼ同じ位置に

て、特開平5-342344号公報の画像処理方法および画像処理システムが挙げられる。この画像処理方法では、まず貼合わせ対象の2枚のカラー画像の複数の色成分、すなわち色相と彩度と明度とを表すデータを生成し、次いで両カラー画像の共通する領域、すなわち重複領域を指定する。続いて、共通する領域の各色成分のヒストグラムをそれぞれ求め、一方のカラー画像の各色成分のヒストグラムが他方のカラー画像の各色成分のヒストグラムとそれぞれ一致するように、一方のカラー画像の各色成分のヒストグラムを変換し、その変換内容に応じて、カラー画像の画素の色を補正する。

【0008】これらの画像処理方法では、両画像のヒストグラムを一致させるために、同じ濃度値または色成分の画素を複数の他の濃度値または色成分に振分ける濃度値の細分化を行う必要がある。この細分化は、たとえば、同じ濃度値の画素を乱数によって振分けたり、同じ濃度値の画素をその画素の周辺の画素の濃度値の平均値に応じて順序を付けてその順序に応じて振分けたりして行う。この細分化を行うために、ヒストグラム一致法を用いた濃度補正方法のための処理が複雑になる。

【0009】線形濃度変換法は、まず一対の画像の重複領域の対応する画素の対の濃度に線形変換が成立つものと仮定し、一対の画像のうちの一方の画像の画素の濃度を表す濃度値 $PL$ を、式1に基づいて濃度値 $PL^*$ に変換する。式の係数 $a$ 、 $b$ は、複数の前記画素の対の濃度値に基づき最小2乗法によって決定される。この線形濃度補間法は、画像解析ハンドブック463頁、464頁に記載されている。

… (1)

反射および影が写る。また一般的に、撮影素子の複数の受光領域の感度のばらつき、ならびにレンズおよび撮影素子のシェーディングによって、画像の周辺部の明るさが中心部に比べて暗くなることがある。

【0013】一対の画像のうちの一方の画像の外枠に対する重複領域の位置と他方の画像の外枠に対する重複領域の位置とは、撮影範囲の移動速度に応じてずれる。このため、一方の画像の重複領域に反射があり他方の画像の重複領域に影があることがある。また、一方の画像の重複領域が画像の中央にあり他方の画像の重複領域が画像の周辺部にあることがある。これら2つの問題が生じた場合、両画像の重複領域に同じ被写体が写っているにもかかわらず、両重複領域の画素の濃度の分布が異なる。

【0014】画像処理装置は、複数の画像の全体の明るさを補正する場合、まず複数の画像のうちで重複領域を有する2枚の画像を選択し、この2枚の画像の画素の濃度値を上述の濃度補正方法を用いて補正する。次いで、補正後の2枚の画像のうちの一方の画像と該一方の画像との重複領域を持つ他の画像とを選択して、他の画像の

全体の明るさが該一方の画像の全体の明るさと等しくなるように、上述の濃度補正方法を用いて補正する。さらに、後者の補正処理を、残余の画像について順次繰返し行う。

【0015】この場合、複数の画像に上述の2つの問題のいずれかがあると、画像処理装置は一方および他方の画像の重複領域の濃度値分布が異なると判定するので、画像の全体の明るさがほぼ同じである場合にも、前記他の画像の画素の濃度値を前記一方の画像の画素の濃度値よりも明るくまたは暗く補正する。したがって、この補正を繰返すと、反射および影ならびにシェーディングの影響は後から補正した画像程大きくなるので、補正後の前記他の画像の全体の明るさは、最初に選択された画像の全体の明るさと比較して、徐々に暗くまたは明るくなる。これによって、補正後の複数の画像の全体の明るさが一致しなくなる。

【0016】特に、処理対象の画像が2～3枚であれば上述の問題の影響は少ないが、画像が増加するほど上述の問題の影響が大きくなるので、処理対象の画像が約10枚程度であると、全体の明るさの不一致が人の目にも明瞭に分かるようになる。このため、これら画像を合成した場合に、その合成画像の濃淡および色調が部分的に異なるので、合成画像に継ぎ目が生じる。

【0017】画像合成処理のための濃度値変換に関する他の従来技術として、特開平5-3538号公報の画像合成装置が挙げられる。この画像合成装置では、デジタル複写機等において、2枚の画像をそれぞれ光学的に走査して複数種類の色信号として読み取り、それら2枚の画像が同じ領域内に重合わせるように各色信号を混合して合成画像を形成する。この際に、一方の画像のそれら色信号のうちの1色以上の色信号に基づいて、合成画像の濃度値補正等の補正処理を行う。

【0018】この補正処理は、合成画像の画素の濃度値を飽和させずかつ鮮明にするために行われるので、上述したような2枚の画像をつなぎ合わせる画像合成処理における濃度値の補正処理とは目的が異なる。また、補正処理を行う場合、2枚の画像の濃度値は一律に半分にされるか可変に変化されるかのどちらかであり、その補正率をどのように定めるかは述べられていない。ゆえに、この補正処理を用いて、2枚の画像をつなぎ合わせるための画像合成処理における補正処理を行った場合、2枚の画像の全体の明るさを適確に合わせることは困難である。

【0019】また、画像の濃度値変換に関する他の従来技術として、特開平6-301775号公報の画像処理装置が挙げられる。この画像処理装置では、処理対象の入力画像の各画素の画素値（濃度値）の分散を求め、それら分散の平均値と最大値とを求め、平均値が最大値にほぼ等しい場合は分散に基づいて画素の2値化を行い、そうでない場合は入力画像から背景を除去した画像に対

して画素の2値化を行う。この画像処理方法は、線と陰影および濃淡とが混在する入力画像を良好かつ容易に2値化するために行われる所以、2枚の画像の全体の明るさを合わせるための濃度補正処理とは異なるものであり、この画像処理方法を用いても、2枚の画像の全体の明るさを合わせることは困難である。

【0020】また、前記撮影装置には、画像信号だけに基づいて自動的に画像全体の色調を補正する映像信号検出方式のAWB（Auto White Balance）回路が備えられていることがある。このAWB回路は、画像を構成する画素の色のほとんどが同一色である場合、色調を正しく補正することが難しくなる。特に、合成対象となる画像は、その他の用途の画像と比較して撮影時の倍率が大きいことが多いために、被写体の一部分だけを写していることが多く、画素の色が特定の色に偏り易いので、色調を正しく補正することが難しい。

【0021】また、ホワイトバランス補正を用いた従来技術として、特開平6-261333号公報の撮影装置が挙げられる。この撮影装置では、まず被写体を複数の領域に分割して、各領域をそれぞれ撮影して合成対象の複数の画像を得る。次いで、この各画像の映像信号の特性を積分し、その積分値に基づいて、映像信号のホワイトバランスおよび濃度値を補正する。このとき、各映像信号が表す画像はそれぞれ異なる領域を撮影したものであるので、このホワイトバランス補正によって補正された画像を合成した場合、合成画像内の画像のつなぎ目に相当する部分を境界として、その両側の画素の濃度値および色調が一致しないことがある。

【0022】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、複数の画像間の全体の明るさの違いを容易にかつ正しく補正することができ、また複数の画像が合成された画像の色調を正しく補正することができる画像処理装置を提供することである。

【0023】

【課題を解決するための手段】本発明は、複数の画素からなる2枚の画像P1, P2が相互に重なる重複領域を求める重複領域決定手段と、各画像P1, P2の重複領域の画素の濃度値の分布を代表する代表値mr1, mc2を求める濃度値統計手段と、一方の画像P2の代表値mc2に対する他方の画像P1の代表値mr1の比R (=mr1/mc2)を、一方の画像P2の各画素の濃度値に乘算する濃度値補正手段とを含むことを特徴とする画像処理装置である。

【0024】本発明に従えば、画像処理装置は、代表値mr1, mc2の比Rを補正率として算出し、その補正率を一方の画像P2の各画素の濃度値に個別に乗算することによって、一対の画像P1, P2の画素の濃度値を補正する。これによって、一対の画像P1, P2の全体の明るさを合わせることができる。また、この処理はヒ

ストグラム一致法および線形濃度変換法よりも簡単な処理なので、本発明の画像処理装置では、従来技術の画像処理装置よりも簡単に、一対の画像  $P_1, P_2$  の全体の明るさの補正を行うことができる。

【0025】本発明は、前記各代表値  $m_{r1}, m_{c2}$  は、前記各画像  $P_1, P_2$  の重複領域の画素の濃度値の平均値であることを特徴とする。

【0026】本発明に従えば、前記代表値として平均値を用いる。平均値は、重複領域の中に他の画素の濃度値と極端に異なる濃度値の画素が少数だけある場合と、その少数の画素がない場合のどちらでも、数値が類似する。したがって、代表値を平均値とすることによって、濃度値の補正を安定して行うことができる。

【0027】本発明は、前記重複領域決定手段は、2枚の前記画像  $P_1, P_2$  の濃度値の分布が等しい部分を相互に重ねた場合の前記各画像  $P_1, P_2$  の座標系の原点のずれを求める、座標系の原点を求めたずれだけずらして前記画像  $P_1, P_2$  を相互に重ねた場合に重なる領域すべてを重複領域とし、前記濃度値統計手段は、重複領域よりもさらに内側の領域の画素の濃度値の代表値を求ることを特徴とする。

【0028】本発明に従えば、画像処理装置は、上述のように代表値を求める。これは以下の理由からである。たとえば画像  $P_1, P_2$  には、画像  $P_1, P_2$  を生成する撮影装置および画像入力装置の特性に基づいて、一部の画素の濃度値が欠けていたり、信号歪みの影響を受けた画素が含まれることがある。この場合、画素が欠損する位置、および歪みの影響を受けた画素がある位置は、撮影装置および画像入力装置によって一義的に定まる。上述のように重複領域を定めた場合、重複領域に前記位置の画素が含まれることがある。このとき画像処理装置は、重複領域の内側にこれら位置の画素を避けて前記領域を定め、その領域内の画素に基づいて代表値を定める。これによって、代表値から、画素の欠損および信号歪みの影響を除くことができる。

【0029】本発明は、前記濃度値統計手段は、前記重複領域の全画素数よりも少ない数の画素の濃度値の代表値を求ることを特徴とする。

【0030】本発明に従えば、画像処理装置は、上述のように代表値を定める。これは、たとえば、重複領域を構成する画素を間引いてから代表値を求める処理と等しい。これによって、重複領域のすべての画素を用いて代表値を求める場合と比較して、演算対象となる画素の数が減少するので、代表値を求める演算処理を高速にすることができる。

【0031】本発明は、前記濃度値は、予め定める3色の成分によって構成され、前記濃度値統計手段と前記濃度値補正手段とは、濃度値の各成分毎に処理を行うことを特徴とする。

【0032】本発明に従えば、画像処理装置の各手段

は、濃度値の各成分毎に処理を行う。これによって、画像  $P_1, P_2$  がカラー画像である場合にも、従来技術の画像処理装置よりも容易かつ正確に、濃度値の補正を行うことができる。

【0033】本発明は、複数の画素からなる複数の画像  $P_1 \sim P_n$  について、一対の画像  $P_{k-1}, P_k$  ( $k = 2 \sim n$ ) が相互に重なる重複領域を、それぞれ求める重複領域決定手段と、各一対の画像  $P_{k-1}, P_k$  の重複領域の画素の濃度値の分布を代表する代表値  $m_{rk-1}, m_{ck}$  を、それぞれ求める濃度値統計手段と、複数の画像のうちのいずれか1つの画像  $P_1$  を基準とした複数の画像のうちの残余の各画像  $P_k$  の各画素の濃度値の比  $R_k$  を、各一対の画像  $P_{k-1}, P_k$  の代表値  $m_{rk-1}, m_{ck}$  の比に基づいてそれぞれ求める補正率演算手段と、複数の比  $R_2 \sim R_n$  の分布に基づいて、各比  $R_k$  の修正率  $X_k$  を求める修正率演算手段と、各画像  $P_1 \sim P_n$  每に、該画像  $P_k$  の比  $R_k$  と修正率  $X_k$  に基づいて、各画素の濃度値を補正する濃度値補正手段とを含むことを特徴とする画像処理装置である。

【0034】本発明に従えば、画像処理装置は、まず複数の画像  $P_1 \sim P_n$  を2枚ずつ順次組合せ、各一対の画像  $P_{k-1}, P_k$  の代表値  $m_{rk-1}, m_{ck}$  を算出し、その代表値  $m_{rk-1}, m_{ck}$  の比に基づいて前記濃度値の比  $R_k$  を求める。この濃度値の比  $R_k$  には、従来技術で説明した反射および影ならびにシェーディング等の影響によって、濃度値の見積もり誤りが含まれる。ゆえに、これら濃度値の比  $R_2 \sim R_n$  に基づいて見積もり誤りの割合を推定して修正率  $X_r$  を求め、その修正率によって濃度値の比  $R_k$  を修正する。最後に、修正後の濃度値の比に基づいて、画像  $P_{k-1}, P_k$  の画素の濃度値を補正する。これによって、たとえば10枚程度の多数の画像の全体の明るさを等しくするように補正する場合、濃度値の見積もり誤りの影響を受けることを防止することができる。したがって、本発明の画像処理装置では、従来技術の画像処理装置よりも簡単な処理によって確実に、複数の画像の全体の明るさの補正を行うことができる。

【0035】本発明は、前記複数の比  $R_2 \sim R_n$  を格納するテーブルと、テーブルに格納された前記各比  $R_k$  を、前記修正率  $X_k$  に基づいてそれぞれ修正する修正手段とをさらに含み、前記濃度値補正手段は、前記各画像  $P_1 \sim P_n$  每に、テーブルに格納された修正後の比  $R_k$  に基づいて、各画素の濃度値を補正することを特徴とする。

【0036】本発明に従えば、補正率演算手段は、濃度値補正手段によって濃度値が補正される前に、修正前および修正後の比をテーブルに格納しておく。これによって、濃度値補正手段が画素の濃度値を補正する時点で行う演算量を、テーブルが無い場合と比較して減少させることができる。

【0037】本発明は、前記修正率演算手段は、前記重複領域を順次重ねて前記画像  $P_1 \sim P_n$  を並べた場合の並べ順  $k$  と前記各画像  $P_k$  の比  $R_k$  との関係を予め定める近似式によって近似し、その近似式の定数と並べ順  $k$  とにに基づいて前記各修正率  $X_k$  を定めることを特徴とする。

【0038】本発明に従えば、前記修正率演算手段は、前記修正率を上述の手順によって求める。これによって、前記濃度値の比  $R_2 \sim R_n$  のうちの見積もり誤りの割合を確実に求めることができる。

【0039】本発明は、前記近似式は指數関数 ( $y = a^x$ ) であり、前記定数は指數関数の底  $a$  であることを特徴とする。

【0040】本発明に従えば、前記近似式は、指數関数である。たとえば処理対象の複数の画像  $P_1 \sim P_n$  が光源と被写体と撮影装置との位置関係がおおよそ一定となる条件下に得られ、かつ画像内の被写体の反射および影ならびにシェーディングの影響を受けた画素が一対の画像  $P_{k-1}, P_k$  間でほぼ同じ位置に現れる場合、前記影響は並べ順の増加に伴って指數関数的に増大するので、複数の濃度値の比  $R_2 \sim R_n$  と並べ順  $k$  との関係を指數関数によって近似することができる。したがって、近似式を指數関数とすることによって、上述の場合に見積もり誤りの割合を確実に求めることができる。また、見積もり誤りの割合が減少していく場合、その割合は 0 に近付くが 0 以下とはならない。このような場合でも、指數関数の底  $a$  を 0 より大きく 1 未満の値 ( $0 < a < 1$ ) とすることによって、複数の濃度値の比  $R_2 \sim R_n$  と並べ順  $k$  との関係を確実に近似することができる。

【0041】本発明は、前記濃度値は、予め定める 3 色の成分によって構成され、前記濃度値統計手段、前記補正率演算手段、前記修正率演算手段、および前記濃度値補正手段は、濃度値の各成分毎に処理を行うことを特徴とする。

【0042】本発明に従えば、画像処理装置の各手段は、濃度値の各成分毎に処理を行う。これによって、画像  $P_1 \sim P_n$  がカラー画像である場合にも、従来技術の画像処理装置よりも簡単にかつ確実に、全体の明るさの補正を行うことができる。

【0043】本発明は、各画素の濃度値が補正された画像を、前記重複領域を順次重ねて合成する合成手段をさらに含むことを特徴とする。

【0044】本発明に従えば、画像処理装置は、上述の合成手段によって、複数の画像を合成する。この合成処理の前に、各画像の全体の明るさが補正されているので、合成された画像内で画像のつなぎ目に相当する部分の両側の画素の濃度は滑らかに変化する。したがって、この合成された画像の中には色調および濃淡が極端に変化する部分が無い。これによって、従来技術の画像処理装置によって合成された画像よりも、合成された画像の

画質を向上させることができる。

【0045】本発明は、合成された画像のホワイトバランスを補正するホワイトバランス補正手段をさらに含むことを特徴とする。

【0046】本発明に従えば、画像処理装置は、上述のホワイトバランス補正手段によって、合成された画像のホワイトバランスを補正する。これは、以下の理由からである。合成対象の複数の各画像は、従来技術で述べた理由から、その画像を構成する画素の色が或る一部の色に偏っていることが多いが、合成された画像は、合成対象の複数の各画像に写された範囲よりも広い範囲を写すので、画像を構成する画素の色の偏りがなくなる。映像信号検出方式を用いたホワイトバランス補正は、補正対象の画像に色の偏りがないほど、正確にホワイトバランスを補正することができる。このため、合成された画像を補正対象とした場合、複数の各画像  $P_k$  に色の偏りがそれぞれあるときでも、映像信号検出方式を用いたホワイトバランス補正手段を用いて確実にホワイトバランスを補正することができる。

【0047】

【発明の実施の形態】図 1 は、本発明の第 1 実施形態である画像処理装置を含む合成画像作成装置 1 の電気的構成を表すブロック図である。合成画像作成装置 1 は、撮影装置 3、読み取り装置 4、画像処理装置 5、表示装置 6、および印刷装置 7 を含む。画像処理装置 5 は、中央演算処理回路 9 と記憶装置 10 を含む。記憶装置 10 は、メモリ 11 と外部記憶装置 12 を含む。撮影装置 3、読み取り装置 4、表示装置 6、印刷装置 7、中央演算処理回路 9、メモリ 11、および外部記憶装置 12 は、バスライン 14 にそれぞれ接続され、バスライン 14 を介して相互に信号の授受を行う。以後の説明では、バスライン 14 に関する記載は省略する。画像処理装置 5 は、たとえばパーソナルコンピュータの本体によって実現される。

【0048】撮影装置 3 は、レンズを含む光学系および撮影素子を含み、予め定める撮影範囲内の物体を撮影して、複数の画素から構成される画像を表す画像信号を生成する。撮影装置 3 は、たとえば、ビデオカメラおよびデジタルスチルカメラによって実現され、撮影素子は、たとえば CCD イメージセンサによって実現される。読み取り装置 4 は、たとえば CD-ROM、光磁気ディスク、フロッピーディスクによって実現される記憶媒体に記憶された画像信号を読み出す。

【0049】記憶装置 10 は、撮影装置 3 によって生成された複数の画像信号、および読み取り装置 4 によって読み出された複数の画像信号を、処理対象の画像を表す画像信号として記憶する。また、中央演算処理回路 9 の動作プログラムおよびプログラムの実行に必要な各種の制御データを記憶する。中央演算処理回路 9 は、記憶装置 10 に記憶された動作プログラムを読み出し、その動作プロ

グラムに基づいて、記憶装置 10 に記憶された複数の画像信号から単一の出力画像信号を生成する。生成された出力画像信号は記憶装置 10 に記憶され、また表示装置 6 および印刷装置 7 に与えられる。メモリ 11 は、たとえばリードオンリメモリおよびランダムアクセスメモリによって実現され、外部記憶装置 12 は、たとえばハードディスク装置によって実現される。

【0050】表示装置 6 は、たとえば、液晶表示装置および陰極線管によって実現され、出力画像信号が表す出力画像をその表示画面に表示する。印刷装置 7 は、出力画像信号が表す出力画像を、記録紙等に印刷する。合成画像作成装置 1 内では、各種の画像は画像信号の形態で取扱われる所以、以後の説明では、或る種類の画像を表す画像信号を、単にその種類の画像と称することがある。

【0051】図 2 は、画像処理装置 5 が行う画像処理動作を概略的に説明するための機能的ブロック図である。機能的ブロック図では、単一のブロックが、中央演算処理回路 9 の動作プログラムのうちで或る目的のための一連の処理動作（サブルーチン）を表し、そのブロックへ向かう矢印がその処理動作のために必要な入力信号およびデータを表し、そのブロックから出る矢印がその処理動作の処理結果を示す入力信号およびデータを表す。画像処理動作を行うためには、前提条件として、処理対象の複数の画像が記憶装置 10 に記憶されているものとする。以後、これら複数の画像を入力画像列と総称する。

【0052】中央演算処理回路 9 が動作プログラムを実行した場合、まず、中央演算処理回路 9 はマッチング手段 21 として動作し、入力画像列の各画像の相互の対応関係を表すマッチング情報を求める。このマッチング情報は、たとえば入力画像列の各画像が他のどの画像と重なるか、またそれら画像を重ねた場合の位置関係を表す。マッチング情報は、たとえば記憶装置 10 に一時的に記憶される。次いで、中央演算処理回路 9 は画像補正手段 22 として動作し、各画像のマッチング情報を参照して、入力画像列の各画像に濃度値補正処理をそれぞれ施す。これによって、各画像の全体の明るさ、すなわち各画像の全体の濃淡および色調を合わせる。次いで中央演算処理回路 9 は合成手段 23 として動作し、マッチング情報を参照して濃度値補正処理後の複数の画像を合成することによって、合成画像を作成する。この合成画像が、出力画像として記憶装置 10 に記憶される。

【0053】以下に、画像処理動作を詳細に説明する。入力画像列は、たとえば、以下の条件の元で得られる。撮影装置 3 はビデオカメラであり、光源が撮影装置 3 と被写体とから充分に離れた位置、たとえば無限遠点にあるものと仮定する。合成画像作成装置 1 の操作者は、撮影装置 3 によって被写体およびその周辺を撮影させながら、その撮影装置 3 の撮影範囲を、光源と被写体と撮影装置 3 との位置関係がほぼ変わらないように、時間経過

に伴って移動させる。この撮影装置 3 によって得られる動画の 1 つのフレームを得るために必要な時間内に撮影範囲が移動する距離は、そのフレームの幅または高さよりも短いものとする。このように被写体を撮影する例として、たとえば、室内で撮影範囲よりも広い原稿を撮影装置 3 によって走査しつつ撮影する場合、ならびに屋外でパン撮影およびチルト撮影を行う場合が挙げられる。上述の手法によって被写体を撮影した場合、少なくとも連続する 2 つのフレームの画像は、その一部分に同じ被写体または被写体の同じ部分がそれぞれ写っているので、相互に重なる。この動画の連続する複数のフレームの画像を、それぞれ入力画像列の画像とする。

【0054】以後の説明では、入力画像列を、2 枚の画像 P1, P2 であると仮定する。図 3 (1) は、入力画像列の画像 P1, P2 を表す図である。図 3 では、画像 P1, P2 の外枠とそのエッジだけを実線によって表す。この画像 P1, P2 は、たとえば行列状に配置された複数の画素によって構成される。前述の画像信号は、画像内の各画素の位置および各画素の濃度値を含む。濃度値は、たとえば予め定める範囲の整数であり、その画素の濃度を表す。また、濃度に代わって、輝度および明度であってもよい。画像 P1, P2 は、その一部分に同じ被写体または被写体の同じ部分が写っているので、画像内の画素の濃度分布だけに着目した場合、図 3 (2) に示すように、その画像 P1, P2 の一部分のエッジが一致するように、相互に重ねることができる。この重なる部分を、重複領域 q1, q2 とする。図 3 では、重複領域 q1, q2 に斜線を付して示す。

【0055】図 4 (1) は、画像 P1 の重複領域 q1 を構成する画素の濃度値のヒストグラムであり、図 4 (2) は、画像 P2 の重複領域 q2 を構成する画素の濃度値のヒストグラムである。このヒストグラムは、縦軸が画素数であり横軸が濃度値である。重複領域 q1, q2 は、被写体の同じ部分を写しているので、その濃度値のヒストグラムはほぼ等しい筈である。図 4 (1), (2) を比較すると、両ヒストグラムを表す曲線 41, 42 の形状は類似しているが、その位置が全体的にずれている。このことから、画像 P1 の全体の明るさが、画像 P2 の全体の明るさよりも、全体的に暗いまたは明るいことが分かる。

【0056】図 5 を用いて、マッチング手段 21 におけるマッチング情報の算出手法を詳細に説明する。マッチング情報を求めるには、たとえば、ブロックマッチング法が用いられる。

【0057】この場合、具体的には、マッチング手段 21 は、まず、画像 P1, P2 のいずれか一方を参照画像 F とし、いずれか他方を探索画像 G と仮定する。次いで、参照画像 F 内に、参照領域 f を設定する。参照領域 f は、たとえば、参照画像 F のうちで探索画像 G と重なり得る領域の内部に設定され、かつその大きさが該領域

以下であることが好ましい。次いで、探索画像G内に、参照領域fと大きさが等しい探索領域gを設定し、この参照領域fと探索領域gとの画素の濃度分布を比較するための指標を求める。

【0058】この指標として、たとえば差分dが用いられる。差分dは、領域f, gの対応する画素の濃度値の

$$d = \sum |f - g|$$

【0059】この差分dを、参照画像Fの基準点に対する参照領域fの位置を固定したまま探索画像Gの基準点に対する探索領域gの位置を複数箇所に変えて、各箇所毎に求める。画像F, Gの基準点は、たとえば画像F, Gに設定される座標系の原点であり、仮に画像F, Gの左上角の頂点であるとする。この差分dが最小である場合に、設定された探索領域gと参照領域fとの画素の濃度分布が最も類似していると考えることができる。このため、求めた複数の差分dを比較して最小の差分dを求め、その差分を求めたときの探索領域gの位置と参照領域fの位置との差を、マッチング情報として求める。この位置の差は、画像F, Gを、その中で濃度分布が最も類似する部分が重なるように重ね合わせた場合における画像F, Gの基準点のずれと等しい。

【0060】このような手法を用いてマッチング情報を求めた場合、画像P1, P2の基準点のずれが求められる。これによって、マッチング情報に基づいて、画像P1, P2の重複領域q1, q2を定めることができる。たとえば、その基準点をこのずれだけずらして画像P1, P2を重ね合わせた場合に重なる領域全体を、各画像P1, P2の重複領域q1, q2とする。この重複領域q1, q2は、マッチング情報を求める手法によっては、同じ大きさになるとは限らない。また、矩形であるとも限らない。このように、マッチング手段は、画像P1, P2の重複領域を求めるための重複領域決定手段として働く。

【0061】マッチング情報を求めるための手法は、上述のブロックマッチング法に限らず、画像P1, P2間の対応関係が求められるものであれば、他の手法を用いても良い。また、ブロックマッチング法を用いる場合でも、差分dの代わりに他の指標、たとえば相関等によって求められる領域f, gの類似度を用いてもよい。ま

【0066】次いで濃度値補正部52は、補正対象画像P2の各画素の濃度値に比Rを乗じる。式4は、濃度値補正の計算式である。次式において、piは補正対象画像P2の或る画素の補正前の濃度値、poは補正画像の前記或る画素の濃度値、pmaxは濃度値が取得する最大値を表す。通常、濃度値は有限の整数、たとえば0以上255以下の値だけを取得るので、積に小数点以下の端

$$p_o = \begin{cases} r \times p_i & (r \times p_i < p_{max}) \\ p_{max} & (r \times p_i \geq p_{max}) \end{cases} \quad \dots (4)$$

差の絶対値の総和であり、式2によって求められる。対応する画素とは、たとえば、領域f, gをその外枠が一致するように重ねた場合に、重なり合う画素を指す。次式において、「f」は参照領域fの或る画素の濃度値を示し、「g」は、参照領域fの前記或る画素に対応する探索領域Gの画素の濃度値を示す。

$$\dots (2)$$

た、入力画像列が3枚以上の画像から構成される場合、まずその中から2枚の画像を選んで上述の処理を行い、各画像に対して少なくとも1つの他の画像とのマッチング情報が求められるまで、選ぶ画像の組合せを変えてこの処理を繰返せばよい。

【0062】次いで、画像補正手段22における濃度値補正動作を詳細に説明する。図6は、濃度値補正動作を説明するための機能的ブロック図である。画像補正手段22は、入力画像列の画像P1, P2のうちの一方を基準画像とし、他方を補正対象画像とする。以後の説明では、画像P1を基準画像とし、画像P2を補正対象画像と仮定する。

【0063】中央演算処理回路9が画像補正手段22として動作する場合、具体的には、まず中央演算処理回路9は、濃度値統計部51として動作する。濃度値統計部51は、画像P1, P2を読み出し、マッチング情報に基づいて各画像P1, P2の重複領域q1, q2を求める。次いで、重複領域q1, q2の画素の濃度値の分布を代表する代表値mr1, mc2を求める。代表値mr1, mc2は、たとえば記憶装置10に一時的に記憶される。

【0064】次いで、中央演算処理回路9は濃度値補正部52として動作する。濃度値補正部52は、概略的には、代表値mr1, mc2の比に基づいて、重複領域q1, q2の全体の明るさが一致するように、画像P1, P2の各画素の濃度値を補正する。具体的には、濃度値補正部52は、まず、補正率として、補正対象画像P2の重複領域q2の代表値mc2に対する基準画像P1の重複領域q1の代表値mr1の比Rを求める。式3は、比Rの算出式である。

【0065】

【数1】

$$\dots (3)$$

数が含まれる場合には、その積を自然数に丸めることが好ましい。また、補正画像の濃度値poは濃度値が取得する値の最大値pmaxで飽和することが好ましいので、積が最大値pmax以上である場合には、その積を最大値pmaxに置換えている。

【0067】

【数2】

【0068】濃度値補正部52は、このように求められた積を各画素の補正後の濃度値として、補正対象画像P2の画像信号内の補正前の濃度値を補正後の濃度値に置換える。これによって、濃度値が補正された補正対象画像P2、すなわち補正画像の画像信号が得られる。補正画像の画像信号は、たとえば、記憶装置10に一時的に記憶される。

【0069】たとえば図3、4の例では、この処理によって、重複領域q2のヒストグラムが元の位置よりも左側に寄るように圧縮されるので、重複領域q1、q2の濃度値の代表値mr1、mc2が一致する。これによつて、画像P1の全体の明るさと補正後の画像P2の全体の明るさとがほぼ一致する。また、入力画像列が3枚以上の画像から構成される場合、まず、画像が相互に重なる2枚の画像を選択し、それら画像を処理対象の画像P1、P2として上述のマッチング処理と濃度値補正処理を行う。次いで、補正後の2枚の画像のうちのいずれか一方の画像と該画像に重なる他の画像とを選んで、それら画像を処理対象の画像P1、P2として、マッチング処理と濃度値補正処理とを行う。この後者の動作を、入力画像列の全画像に対して濃度値補正処理が施されるまで繰返す。これによって、3枚以上の画像の全体の明るさを合わせることができる。

【0070】代表値mr1、mc2は、たとえば、重複領域q1、q2の濃度値の平均値mav1、mav2である。この平均値は、単純平均であつてもよく、また重付け平均であつてもよい。また、代表値mr1、mc2は、ヒストグラムにおいて画素数が最大値となる濃度値であつてもよい。さらに、ヒストグラムにおいて、或る濃度値を中心とした予め定める幅内の濃度値の画素の数の平均値を、中心の或る濃度値を変えてそれぞれ求めて、これら平均値の最大値を求め、この最大値が求められたときの中心の或る濃度値を、代表値mr1、mc2としてもよい。この場合、分布を代表しておらず例外的に画素数が増加した濃度値を、誤って代表値とすることを防止することができる。重複領域の画素の濃度値の分布を代表する値であれば、他の値を代表値として用いてもよい。

【0071】前述の図4に示すように、平均値mav1、mav2は、ヒストグラムの最大値となる濃度値と一致または近似しており、また濃度値分布の中心にも近い。また、重複領域内の少数の画素、たとえば1つの画素の濃度値が該複領域内の他の画素と大きく異なる場合の平均値と、該濃度値が大きく異なる少数の画素がない場合の平均値とは殆ど変わらないので、安定性が良い。ゆえに、代表値mr1、mc2として、平均値mav1、mav2を用いることが好ましい。

【0072】濃度値統計部51は、重複領域q1、q2の内側にあり重複領域q1、q2よりも狭い領域の画素だけを用いて、代表値mr1、mc2を算出してもよ

い。この理由および効果を、図7を参照して説明する。

【0073】画像P1、P2の画像信号には、雑音成分が混入していたり信号歪みが生じていたりすることがある。また、撮影装置3の構造等に起因して、画像P1、P2を構成する画素の一部の濃度値が実際に定められないために、その画素の濃度値が欠けていることがある。雑音成分および信号歪みの影響を受ける画素pxならびに欠損した画素pyは、画像P1、P2の周辺部にあることが多く、その位置は、撮影装置3に対して一意的に定めることができる。

【0074】重複領域q1、q2をマッチング情報に基づいて定める場合、重複領域q1、q2全体の画素の濃度分布を比較しないので、画素px、pyが重複領域q1、q2に含まれることがある。この場合に、重複領域q1、q2を構成する全ての画素の濃度値を用いて代表値mr1、mc2を算出すると、雑音成分および信号歪みならびに欠損の影響を受けて、代表値mr1、mc2に誤差が生じことがある。

【0075】これを防止するために、濃度値統計部51は、重複領域q1、q2を定めた後に、その重複領域q1、q2の内部に、重複領域q1、q2よりも小さい小領域qa1、qa2をさらに設定し、この小領域qa1、qa2を構成する画素の濃度値だけを用いて、代表値mr1、mc2を算出する。図7では、小領域qa1、qa2を斜線を付して示す。画素px、pyの位置は一意的に定められるので、これら画素px、pyを含まないように小領域qa1、qa2を設定すれば、画素の欠損ならびに雑音成分および信号歪みの影響を受けることなく、代表値mr1、mc2を算出することができる。

【0076】また、濃度値統計部51は、重複領域q1、q2を構成する全画素のうちで全画素数よりも少ない数の画素の濃度値だけを用いて、代表値mr1、mc2を算出してもよい。これによって、代表値mr1、mc2の算出処理に用いる画素の数が減少するので、算出処理を簡略化することができ、ゆえに算出処理を高速化することができる。代表値mr1、mc2の算出に用いる画素は、たとえば画素が行列状に配置される場合、予め定める間隔で画素を間引くことによって選択する。また、予め定める間隔で画素の行または列を間引くことによって選択してもよい。

【0077】さらにまた、画像P1、P2がカラー画像である場合、濃度値は予め定める3色の成分から構成される。この成分は、たとえば、赤成分(R成分)と緑成分(G成分)と青成分(B成分)であり、これら各成分は赤と青と緑との濃度値をそれぞれ表す。この3色の組合せは、混合して白になる複数の色の組合せであれば、赤青緑以外の組合せであつてもよい。さらにまた、これら成分として、Y成分(輝度成分)ならびにR-Y成分およびB-Y成分(色差成分)を用いても良

い。この場合、濃度値統計部 5 1 と濃度値補正部 5 2 とは、各成分に対して独立して処理を行う。これによって、画像 P1, P2 がカラー画像である場合も、画像補正手段 2 2 によって画像の画素の濃度値を補正することができる。

【0078】以下に、合成手段における画像 P1, P2 の合成手法を説明する。合成手段は、画像 P1 と補正後の画像 P2 とを合成して、合成画像を得る。この合成処理は、概略的には、画像 P1 と、補正後の画像 P2 から重複領域 q2 を除いた部分とを、画像 P1, P2 の基準点がマッチング情報で表される画像のずれだけずれるように配置して接合する。信号処理としては、画像 P1 の画像信号と、画像 P2 の画像信号のうちで重複領域 q2 の画素に関するデータを除いた部分とを組合わせ、両画像の座標系を統一して、各画素の座標を変換する。その際、重複領域 q1, q2 の境界付近では、重複領域 q1, q2 の同一座標の画素の濃度値（画素値）を混合し、かつ、その割合を段階的に変化させるグラデーション処理を行うことによって、より滑らかに画像を合成することができる。

【0079】入力画像列が 3 枚以上の画像から構成される場合、1 番目と 2 番目の画像 P1, P2 を上述のように合成し、さらに合成された画像に 3 番目の画像 P3 から 2 番目の画像 P2 との重複領域を除いた部分を、画像 P2, P3 の基準点がそのマッチング情報で表される画像のずれだけずれるように配置して接合する。4 番目の画像以後、後者の処理を順次繰返すことによって、3 枚以上の画像を全て接合することができる。

【0080】このように複数の画像を合成した場合、合成対象の各画像の全体の明るさがほぼ等しいので、合成画像内で任意の 2 枚の画像のつなぎ目およびその周辺の部分における画素の濃度値の変化が滑らかになる。また、各画像の全体の明るさがほぼ等しいので、濃淡および色調が合成画像内のどの部分でも等しい。これによって、本実施形態の画像処理装置 5 は、従来技術の画像合成装置によって得られた合成画像よりも画質の良い合成画像を得ることができる。

【0081】以下に、本発明の第 2 実施形態である画像処理装置を含む合成画像作成装置を説明する。第 2 実施形態の合成画像作成装置の電気的構成は、第 1 実施形態の合成画像作成装置 1 と等しい。また画像処理装置の機能的構成は、画像処理装置 5 の機能的構成と比較して、画像補正手段 2 2 が画像補正手段 7 1 に置換された点が異なり、他は等しい。同一の動作を行う装置および回路ならびに手段には同一の符号を付し、説明は省略する。

【0082】入力画像列を、2 枚以上の画像 P1 ~ Pn であると仮定する。n は、2 以上の整数である。この画像 P1 ~ Pn は、たとえば、図 8 に示すように、撮影装置 3 と被写体 6 1 と光源 6 2 との位置関係がほぼ保たれる。

るよう、撮影装置 3 の撮影範囲 6 3 を時間経過に伴って移動させつつ、被写体 6 1 を撮影することによって得られたものである。以後の説明では、撮影装置 3 がビデオカメラであって、入力画像列の各画像は動画の各フレームであると仮定し、フレームの並べ順と画像 P1 ~ Pn の並べ順とは等しいと仮定する。また、画像 P1 ~ Pn の並べ順の番号を 1 ~ n とする。並べ順の番号が連続する 2 枚の画像 Pk-1, Pk (k = 2 ~ n) は、図 9

(1) に示すように、その一部分に同じ被写体または被写体の同じ部分が写っている。ゆえに、画像 P1 ~ Pn は、各画像内の画素の濃度分布が同じ部分を重ねた場合、図 9 (2) に示すように、順次的に重なる。相互に重なる画像 Pk, Pk-1 の重なる部分を重複領域とする。

【0083】また、画像 Pk-1, Pk の各重複領域に、同じ大きさでかつ被写体の同じ部分を写す領域をそれぞれ設定し、そのうちで並べ順が小さい方の画像 Pk-1 の領域を基準領域 q\_rk-1 とし、並べ順が大きいほうの画像の領域を比較領域 q\_ck とする。たとえば、図 9 の例では、画像 P1 には基準領域 q\_r1 があり、画像 P2 には比較領域 q\_c2 と基準領域 q\_r2 とがあり、画像 P3 には比較領域 q\_c3 がある。このうち、基準領域 q\_r1 と比較領域 q\_c2 とには被写体 6 1 の同じ部分が写っており、基準領域 q\_r2 と比較領域 q\_c3 とにも被写体 6 1 の同じ部分が写っている。

【0084】図 10 は、中央演算処理回路 9 が画像補正手段 7 1 として動作する場合に行う濃度値補正動作をを説明するための機能的ブロック図である。図 11 は、濃度値補正動作を説明するためのフローチャートである。図 10 と図 11 を併せて説明する。画像補正手段 7 1 が濃度値補正動作を行うためには、前提条件として、記憶装置 1 0 に複数の画像 P1 ~ Pn が記憶されており、マッチング手段 2 1 によって、並べ順が連続する 2 枚の画像 Pk-1, Pk (k = 2 ~ n) のマッチング情報がそれぞれ求められているものとする。この状態でステップ a 1 からステップ a 2 に進む。

【0085】ステップ a 2 では、中央演算処理回路 9 は、記憶装置 1 0 から並べ順が 1 番である 1 番目の画像 P1 を読み出し、基準画像として画像バッファに入力する。画像バッファは、処理対象の画像を一時的に記憶するためのものであり、たとえば、中央演算処理回路 9 内部または記憶装置 1 0 内部に設けられる。ステップ a 3 では、並べ順が k 番目の画像 Pk を読み出し、処理対象の入力画像として、画像バッファに入力する。k の初期値は 2 である。

【0086】ステップ a 4 では、中央演算処理回路 9 は、濃度値統計部 7 2 として動作する。濃度値統計部 7 2 は、まず、マッチング情報に基づいて、ステップ a 3 で画像バッファに入力された画像 Pk と、画像バッファに記憶されており画像 Pk よりも並べ順が 1 小さい画像

$P_{k-1}$  とに、重複領域を設定し、さらに、それら重複領域に基準領域  $q_{r k-1}$  と比較領域  $q_{c k}$  を設定する。重複領域の設定手法は、第1実施形態で説明した手法と等しい。両領域  $q_{r k-1}$ ,  $q_{c k}$  は、重複領域全域であってもよく、また重複領域よりも小さい領域であってもよい。両領域  $q_{r k-1}$ ,  $q_{c k}$  が重複領域よりも小さい場合、両領域  $q_{r k-1}$ ,  $q_{c k}$  を、第1実施形態の小領域  $q_{a 1}$ ,  $q_{a 2}$  と同じものと見なすことができる。この場合、第1実施形態で説明した理由から、両領域  $q_{r k-1}$ ,  $q_{c k}$  を、画像  $P_{k-1}$ ,  $P_k$  の中で信号歪みおよび雑音成分の影響を受けた画素および濃度値が欠損した画素を含まないように設定することが好ましい。

【0087】次いで、比較領域  $q_{c k}$  を構成する画素の濃度値を代表する代表値  $m_{c k}$  と、基準領域  $q_{r k-1}$  を構成する画素の濃度値の分布を代表する代表値  $m_{r k-1}$  とを求める。この代表値  $m_{r k-1}$ ,  $m_{c k}$  は、第1実施形態で説明した代表値  $m_{r 1}$ ,  $m_{c 2}$  と同じものであり、同じ手法によって求められる。この場合も、第1実施形態で説明した理由から、代表値  $m_{r k-1}$ ,  $m_{c k}$  は、基準領域  $q_{r k-1}$  および比較領域  $q_{c k}$  をそれぞれ構成する画素の濃度値の平均値であることが好ましい。また、第1実施形態で説明した理由から、両領域  $q_{r k-1}$ ,  $q_{c k}$  をそれぞれ構成する画素の一部分の画素だけを用いて代表値  $m_{r k-1}$ ,  $m_{c k}$  を求めても良い。

【0088】ステップ a 5 では、中央演算処理回路 9 は、補正率演算部 7 3 として動作する。補正率演算部 7 3 は、ステップ a 4 で求められた代表値  $m_{r k-1}$ ,  $m_{r k}$  に基づいて、画像  $P_k$  の補正率を求めて補正率テーブル 7 4 に記憶させる。補正率テーブル 7 4 は、たとえば記憶装置 1 0 内部または中央演算処理回路 9 内部に設けられる。

【0089】ステップ a 6 では、中央演算処理回路 9 は、入力画像列の全ての画像  $P_1$  ~  $P_n$  に対してステップ a 3 ~ a 6 の処理を行ったか否かを判定する。未だ処理していない画像が残っている場合、ステップ a 6 からステップ a 3 に戻り、並べ順  $k$  に 1 を加算して、加算後の並べ順  $k$  の画像  $P_k$  に対してステップ a 3 ~ a 5 の処理を行う。ステップ a 3 ~ a 6 の処理は、画像  $P_2$  ~  $P_n$  に対してそれぞれステップ a 3 ~ a 5 の処理が行われるまで繰り返される。全ての画像  $P_2$  ~  $P_n$  に対して処理が行われていた場合、ステップ a 6 からステップ a 7 に進む。この時点で、補正率テーブル 7 4 には、画像  $P_2$  ~  $P_n$  の補正率が記憶される。

【0090】ステップ a 7 では、中央演算処理回路 9 は、修正率演算部 7 5 として動作し、補正率テーブル 7 4 に記憶された画像  $P_2$  ~  $P_n$  の補正率を参照して、各補正率の修正率  $X_k$  を求める。ステップ a 8 では、中央演算処理回路 9 は、補正率テーブル修正部 7 6 として動作し、修正率演算部 7 5 で求められた修正率  $X_k$  に基づいて、補正率テーブル 7 4 に記憶された画像  $P_2$  ~  $P_n$

の補正率をそれぞれ修正し、修正後の補正率を再度記憶させる。

【0091】ステップ a 9 では、中央演算処理回路 9 は、並べ順が  $k$  番目の画像  $P_k$  を読み出し、処理対象の入力画像として、画像バッファに入力する。並べ順  $k$  の初期値は 2 である。この入力処理は、たとえばステップ a 3 で画像バッファに入力した画像をそのまま画像バッファに蓄えている場合には実行する必要がなく、ステップ a 4, a 5 の処理終了後に画像を画像バッファから消去した場合だけ行う。ステップ a 1 0 では、中央演算処理回路 9 は、濃度値補正部 7 7 として動作する。濃度値補正部 7 7 は、画像  $P_k$  の修正後の補正率を補正率テーブル 7 4 から読み出し、その補正率に基づいて、ステップ a 9 で画像バッファに入力した画像  $P_k$  の全画素の濃度値を補正し、補正後の画像を補正画像として出力する。この補正画像は、たとえば記憶装置 1 0 に記憶される。

【0092】ステップ a 1 1 では、中央演算処理回路 9 は、入力画像列の全ての画像  $P_2$  ~  $P_n$  に対してステップ a 1 0 の補正処理を行ったか否かを判定する。未だ補正していない画像が残っている場合、ステップ a 1 1 からステップ a 9 に戻り、並べ順  $k$  に 1 を加算し、加算後の並べ順  $k$  の画像  $P_k$  に対してステップ a 9, a 1 0 の処理を行う。ステップ a 9 ~ a 1 1 の処理は、画像  $P_2$  ~  $P_n$  に対してそれぞれ補正処理が行われるまで繰り返される。全画像に対して補正処理が行われていた場合、ステップ a 1 2 で濃度値補正動作を終了する。このような一連の動作によって、画像  $P_1$  を基準画像として画像  $P_2$  ~  $P_n$  の画素の濃度値が補正される。

【0093】以下に、補正率演算部 7 3 における補正率の演算動作を詳細に説明する。画像  $P_k$  の補正率は、1 番目の画像  $P_1$  を基準画像と仮定し、さらに 1 番目の画像  $P_1$  と  $k$  番目の画像とが重なり基準および比較領域  $q_{r 1}$ ,  $q_{c k}$  を設定することができるとき仮定した場合、基準画像  $P_1$  の基準領域  $q_{r 1}$  を構成する画素の濃度値の分布を表す代表値  $m_{r 1}$  に対する  $k$  番目の画像  $P_k$  の比較領域  $q_{c k}$  を構成する画素の濃度値の分布を表す代表値  $m_{c k}$  の比 ( $m_{c k} / m_{r 1}$ ) として定義される。実際の入力画像列では、並べ順が連続する 2 枚の画像  $P_{k-1}$ ,  $P_k$  は必ず重なるが、並べ順が連続しない 2 枚の画像には被写体の同じ部分が写っているとは限らないので、上述の代表値の比 ( $m_{c k} / m_{r 1}$ ) を直接演算することは困難である。このために、本実施形態の補正率演算部 7 3 では、以下の手法を用いて、画像  $P_2$  ~  $P_k$  の補正率を、画像の並べ順と同じ順番で求める。

【0094】画像  $P_k$  の補正率を求める場合、補正率演算部 7 3 は、まず、 $k-1$  番目の画像  $P_{k-1}$  に対する  $k$  番目の画像  $P_k$  の画素の濃度値の代表値の比  $R_{mk}$  を求める。式 5 は、代表値の比  $R_{mk}$  の算出式である。次いで、基準画像  $P_1$  を基準とした  $k$  番目の画像  $P_k$  の各画素の濃度値の比  $R_k$  を、式 6 に基づいて求める。この濃

度値の比  $R_k$  を、画像  $P_k$  の補正率として、補正率テーブル 7-4 に記憶させる。これによって、補正率の算出対象の画像が基準画像と重なるか否かに拘わらず、その画像の補正率を求めることができる。次式で、「 $R_{k-1}$ 」

【0096】

$$R_{mk} = \frac{m_{ck}}{m_{rk-1}} \quad (k=2, 3, \dots, n) \quad \dots (5)$$

【数4】

$$\begin{cases} R_1 = 1 \\ R_k = R_{k-1} \times R_{mk} \\ = (R_{m1} \times \dots \times R_{mk-1}) \times R_{mk} \end{cases} \quad (k=2, 3, \dots, n) \quad \dots (6)$$

【0097】図 1-2 は、1 番目の画像を基準画像とした場合の基準画像を基準とした画像  $P_2 \sim P_n$  の画素の濃度値の比  $R_2 \sim R_n$  と、画像の並べ順  $2 \sim n$  との関係を表すグラフである。縦軸は濃度値の比であり、横軸は並べ順から 1 引いた数であり、黒丸は各濃度値の比  $R_2 \sim R_n$  を並べ順の番号  $2 \sim n$  から 1 引いた数に対してプロットしたものである。また、縦軸上の黒丸  $R_1$  は、基準画像を基準とした基準画像の画素の濃度値の比を表し、実際には 1 である。このグラフでは、黒丸が曲線 8-1 上およびその近傍に分布する。曲線 8-1 は、画像の並べ順から 1 引いた数  $k-1$  を指標  $x$  とする指數関数の式 ( $y = a^x$ ) によって定義される。すなわち、濃度値の比  $R_2 \sim R_n$  の分布は、指數関数の分布に近いことが分かる。このように濃度値の比  $R_2 \sim R_n$  が分布するのは、以下の理由からである。

【0098】画像  $P_1 \sim P_n$  には、図 1-3 に示すように、被写体 6-1 表面の反射 6-5 および影 6-6 が写っていることがある。画像  $P_1 \sim P_n$  の撮影時に撮影装置 3 と被写体 6-1 と光源 6-2 との位置関係がほぼ変化していない場合、各画像  $P_1 \sim P_n$  内部で反射 6-5 および影 6-6 の写る位置は殆ど変化しないので、相互に重なる画像  $P_{k-1}, P_k$  の基準領域  $q_{rk-1}$  と比較領域  $q_{ck}$  であつ

$$-1 < e_r < 1$$

【0100】前述したように、 $k$  番目の画像  $P_k$  の補正率は、代表値の比  $R_{m1} \sim R_{mk}$  の積である。このため、代表値の比  $R_{mk}$  に含まれる見積もり誤りの割合  $a$  を式 8 のように仮定すると、補正率への見積もり誤りの影響は、画像  $P_k$  の並べ順が大きくなるほど、割合  $a$  が等比級数的に増大する。このために、図 1-2 に示すよう

$$a = 1 + e_r$$

【0101】ゆえに、この補正率をそのまま用いて画像の画素の濃度値を補正すると、並べ順の番号が大きい画像程、反射および影ならびにシェーディングの影響が指數関数的に増大する。たとえば、割合  $a$  が 1 よりも大きい場合は、並べ順の番号が大きい画像ほど基準画像よりも明るいと誤って判断されるので、入力画像列の各画像を、並べ順の番号が増加するほど徐々に暗く補正してしまう。逆に、割合  $a$  が 1 未満である場合、並べ順の番号が大きい画像ほど基準画像よりも暗いと誤って判断され

は、基準画像  $P_1$  を基準とした  $k-1$  番目の画像  $P_{k-1}$  の各画素の濃度値の比である。

【0095】

【数3】

ても、その一方に反射 6-5 が入り他方に入らないこと、およびその一方に影 6-6 が入り他方に入らないことがある。また、撮影装置 3 のレンズのシェーディングおよび撮影素子のシェーディングによって、各画像  $P_{k-1}, P_k$  の周辺部の画素の濃度値が本来の濃度値よりも低下することがある。この場合、基準領域  $q_{rk-1}$  と比較領域  $q_{ck}$  との画像  $P_{k-1}, P_k$  の基準点に対する位置が異なるので、その一方が画像の周辺部にあって他方が画像の中心付近にあることがある。

【0099】各画像  $P_1 \sim P_n$  の全体の明るさが等しいと仮定した場合に、画像に上述したような反射および影ならびにシェーディングの影響があれば、代表値  $m_{rk-1}, m_{ck}$  が 1 ~ 9 % 程度異なることがある。この代表値  $m_{rk-1}, m_{ck}$  の差によって、 $k-1$  番目の画像  $P_{k-1}$  に対する  $k$  番目の画像  $P_k$  の画素の濃度値の代表値の比  $R_{mk}$  には、見積もり誤り  $e_r$  が含まれる。見積もり誤り  $e_r$  は、-1 よりも大きく 1 未満であるとする。これは、画像  $P_{k-1}, P_k$  の全体の明るさが等しいにも拘わらず、画像  $P_{k-1}$  に対して画像  $P_k$  の全体の明るさが平均的に割合「 $1 + e_r$ 」だけ明るいまたは暗いと誤って判断されていることを表す。

$$\dots (7)$$

に、並べ順  $k$  に対する濃度値の比  $R_k$  の分布は、指數関数に近くなる。このことは、画像  $P_1, P_k$  の全体の明るさが等しいにも拘わらず、画像  $P_1$  に対して画像  $P_k$  の全体の明るさが割合  $(1 + e_r)^{k-1}$  だけ明るいまたは暗いと誤って判断されていることを表す。

$$\dots (8)$$

るので、入力画像列の各画像を、並べ順の番号が増加するほど徐々に明るく補正してしまう。この補正の誤りは、並べ順の番号が大きい画像程大きくなるので、入力画像列の画像の枚数が増加するほど、見積もり誤りの影響が大きくなる。本実施形態の画像処理装置では、補正率を修正率によって補正する。

【0102】以下に、修正率演算部 7-5 における修正率の演算動作を詳細に説明する。修正率演算部 7-5 は、まず、補正率テーブル 7-4 に記憶された画像  $P_2 \sim P_n$  の

補正率を読み出し、これら補正率に基づいて、補正率と画像の並べ順の番号との関係を表す近似式を求める。この近似式は、たとえば、指數関数、単調増加関数、および単調減少関数である。前記補正率を、基準画像を基準とした  $k$  番目の画像  $P_k$  の濃度値の比  $R_k$  であるとする場合、前述したように濃度値の比  $R_k$  は等比級数的に増減するので、前記関係を指數関数によって近似することが最も好ましい。濃度値の比  $R_k$  を指數関数によって近似することが好ましいのは、たとえば、撮影中に撮影装置 3 と被写体 6 1 と光源 6 2 との位置関係がほぼ等しく、並べ順が連続する 2 枚の画像  $P_{k-1}$ ,  $P_k$  内の反射および影ならびにシェーディングの影響を受けた画素の位置がほぼ等しい場合である。以下の説明では、前記関係を指數関数によって近似する場合を例として説明する。

【0103】濃度値の比  $R_k$  を変数  $y$  とし、代表値の比

$$\begin{aligned} y &= a^x \\ \log y &= x \log a \\ Y &= AX \\ a &= e^A \end{aligned}$$

… (9)

… (10)

… (11)

… (12)

【0104】補正前の補正率には、画像 1 枚当たり  $a$  の割合で、反射および影ならびにシェーディングの影響に起因する見積もり誤りが含まれていると考えられる。ゆえに、 $k$  番目の画像の補正率である比  $R_k$  には、割合  $a$

$$X_k = a^{k-1}$$

【0105】以下に、補正率テーブル修正部 7 6 における補正率の修正動作を説明する。補正率テーブル修正部 7 6 は、修正率演算部 7 5 によって求められた割合  $a$  を用いて、補正率テーブル 7 4 に補正率として記憶された濃度値の比  $R_2 \sim R_n$  を、式 1 4 に基づいてそれぞれ修

$$R_{k*} = \frac{R_k}{a^{k-1}} = \frac{R_k}{X_k}$$

( $k = 2, 3, \dots, n$ ) … (14)

【0107】図 1 2 の白丸は、修正後の補正率  $R_2 \sim R_n$  をプロットしたものである。これによって、修正後の補正率  $R_2 \sim R_n$  が、濃度値の比が 1 である縦軸上の点を通り横軸に平行な直線 8 2 の近傍に分布することが分かる。各自丸同士の縦軸に平行な方向の距離が、反射および影ならびにシェーディングの影響を除いた画像  $P_{k-1}$ ,  $P_k$  の全体の明るさの差に相当する。この差は、たとえば、A G C 回路が動作したため、および蛍光灯の明暗の周期と撮像素子の光電変換の蓄積時間および周期との違いに起因するフリッカによって生じたものである。ゆえに、白丸と直線 8 2 との距離が零になるように、画像  $P_{k-1}$ ,  $P_k$  の画素の濃度値を補正する。

【0108】以下に、濃度値補正部 7 7 における画像の濃度値の補正処理を詳細に説明する。濃度値補正部 7 7 は、まず、補正対象の画像  $P_k$  の修正後の補正率  $R_{k*}$  を補正率テーブル 7 4 から読み出し、その補正率  $R_{k*}$  によって画像  $P_k$  の各画素の濃度値を補正する。具体的には、 $k$  番目の画像  $P_k$  と基準画像  $P_1$  との各画素の実際

$R_{mk}$  の見積もり誤りの割合  $a$  を底とし、並べ順  $k$  から 1 引いた数を指數である変数  $x$  と定義して、近似式を式 9 の指數関数であると仮定する。次いで、式 1 0 に示すように式 9 の両辺の対数を取り、 $\log y$  を変数  $Y$ 、 $\log a$  を定数  $A$ 、および変数  $x$  を変数  $X$  に置換えると、式 1 1 に示すように、線形の式になる。このことから、修正率演算部 7 5 は、補正率テーブルに記憶される比  $R_2 \sim R_n$  の対数をそれぞれ取り、それらの対数と並べ順  $k$  から 1 引いた値とを用い、式 1 1 の定数  $A$  を求める。この場合の演算には、たとえば、対数を変数  $y$  に代入し、並べ順  $k$  から 1 引いた値を変数  $X$  に代入して、最小二乗法を用いる。さらに、求められた定数  $A$  を式 1 2 に代入して割合  $a$  を求める。「e」は、自然対数の底である。

の  $k-1$  乗の見積もり誤りが含まれる。したがって、 $k$  番目の画像  $P_k$  の補正率の修正率  $X_k$  は、式 1 3 によって定義される。

… (13)

正し、修正後の補正率  $R_2 \sim R_n$  を、再び補正率テーブル 7 6 に記憶する。

【0106】

【数 5】

の濃度値の比は、補正後の補正率  $R_{k*}$  であると考えられるので、 $k$  番目の画像  $P_k$  の全体の明るさを基準画像  $P_1$  の全体の明るさに合わせるには、 $k$  番目の画像  $P_k$  の各画素の濃度値を、それぞれ補正後の補正率  $R_{k*}$  によって割れば良い。式 1 5 は、 $k$  番目の画像  $P_k$  の或る画素に対する濃度値補正の計算式である。次式において、 $p$  は補正対象の画像  $P_k$  の或る画素の補正前の濃度値、 $p*$  は、補正画像の前記或る画素の濃度値、 $p_{max}$  は、濃度値が取得する値の最大値を表す。通常、濃度値は有限の整数、たとえば 0 以上 255 以下の値だけを取得るので、商に小数点以下の端数が含まれる場合には、その値を自然数に丸めることが好ましい。また、補正画像の濃度値  $p*$  は最大値  $p_{max}$  で飽和することが好ましいので、商が最大値  $p_{max}$  以上である場合には、その商を最大値  $p_{max}$  に置換えている。

【0109】

【数 6】

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{Rk*} \times p & \left( \frac{1}{Rk*} \times p < p_{max} \right) \\
 p * \{ &= p_{max} & \left( \frac{1}{Rk*} \times p \geq p_{max} \right) \quad \dots (15)
 \end{aligned}$$

【0110】このように求められた商を補正後の濃度値として、 $k$ 番目の画像  $P_k$  の画像信号の各画像の補正前の濃度値を、補正後の濃度値に置換える。これによって、濃度値が補正された画像  $P_k$ 、すなわち補正画像の画像信号が得られる。この補正画像の画像信号は、たとえば記憶装置 10 に記憶される。

【0111】濃度値補正部 77 によって濃度値の補正を行う場合、補正率テーブル 74 と補正率テーブル修正部 76 を省略し、補正率と修正率とを求めた後にそのまま画像  $P_k$  の各画素の濃度値を、修正率  $X_k$  の逆数と補正率とによって逐次除算しても、上述の補正を行うことができる。この場合、上述のように修正後の補正率  $R2 * \sim Rn *$  を濃度値の補正処理前に求めて補正率テーブル 74 に記憶させておくことによって、濃度値補正の計算式の数値の個数が減少するので、補正処理の計算量を削減することができる。したがって、補正処理を簡略化し、濃度値補正部 77 の負担を軽減することができる。

【0112】画像  $P_1 \sim P_n$  がカラー画像である場合、濃度値は予め定める 3 色の成分から構成される。この成 分は、第 1 の実施の形態で説明したものと等しい。この場合、濃度値統計部 72 と補正率演算部 73 と修正率演算部 75 と修正率テーブル修正部 76 と濃度値補正部 77 とは、各成分に対して独立して処理を行い、補正率テーブル 74 が各成分毎の画像の補正率を記憶する。これによって、画像  $P_1 \sim P_n$  がカラー画像である場合も、画像補正手段 71 によって、画像の画素の濃度値を補正することができる。

【0113】以上の説明では、入力画像列の各画像を、ビデオカメラによって撮影した動画の連続した複数の各フレームであるとしたが、この動画のうちから相互に重なるフレームを間引いて、それらを入力画像列としてもよい。

【0114】また、第 2 実施形態の画像処理装置の入力画像列の画像は、相互に重なる部分を重ねて並べた場合に、並べ順が連続する 2 枚の画像  $P_{k-1}$ ,  $P_k$  に重複領域を設定することができれば、入力画像列の各画像が相互にどのような位置関係にあってもよい。たとえば、図 14 に示すように、各画像  $P_1 \sim P_n$  の中心点を結ぶ仮想線 86 が蛇行していてもよい。また、この画像の並べ順は、並べ順が連続する 2 枚の画像  $P_{k-1}$ ,  $P_k$  に重複領域を設定することができれば、画像を撮影した順序と無関係などの順序であってもよい。さらにまた、基準画像は、1 番目の画像  $P_1$  以外の他の画像であってもよい。この場合、基準画像に対する基準画像の各

画素の濃度値の比  $R1$  が縦軸上にくるように図 12 のグラフの横軸を調整することによって、近似式の算出を前述した手法で行うことができる。また、画像  $P_1 \sim P_n$  は、上述のように重複領域を設定することができれば、どのような作成手法によって作成された画像であってもよく、たとえば、動画のフレームの他にデジタルスチルカメラ、スキャナ等によって得られた静止画であってもよい。

【0115】合成手段 23 は、このように濃度値が補正された複数の画像  $P_1 \sim P_n$  を合成して、単一の合成画像を得る。この場合、基準画像  $P_1$  と補正後の画像  $P_2 \sim P_n$  との全体の明るさがほぼ等しいので、各画像  $P_{k-1}$ ,  $P_k$  のつなぎ目およびその周辺の部分における画素の濃度値の変化が滑らかになる。また、画像  $P_{k-1}$ ,  $P_k$  の全体の明るさがほぼ等しいので、合成画像の濃淡および色調がどの部分でも等しくなる。特に、撮影時に撮影装置 3 の AGC 回路が動作している場合、および画像に蛍光灯に起因するフリッカによる影響がある場合にも、合成画像全体の全体の明るさを等しくすることができる。これによって、本実施形態の画像処理装置 71 は、従来技術の画像合成装置によって得られた合成画像の画質よりも画質の良い合成画像を得ることができる。

【0116】また、第 1 および第 2 実施形態において、処理対象の複数の画像  $P_1 \sim P_n$  が重複領域を相互に重ねて配置すると行列状に並ぶ場合、以下の第 1 および第 2 の手順のいずれかで濃度値の補正を行うとよい。第 1 の手順では、処理対象の複数の画像を個別の行または列を構成する画像の群に区分し、各群の画像をそれぞれ入力画像列として、前述の画像処理動作によって濃度値を補正し合成する。次いで、合成された各群の画像を新たに入力画像列の画像として、前述の画像処理動作によって濃度値を補正し合成する。

【0117】第 2 の手順では、まず処理対象の複数の画像を個別の行または列を構成する画像の群に区分し、各群の画像をそれぞれ入力画像列として、前述の画像処理動作によって濃度値を補正し合成する。次いで、合成された各群の画像 91, 92 を新たな入力画像列の画像とし、図 15 (1) に示すようにそれら画像 91, 92 の重複領域 93, 94 を求めて、その重複領域 93, 94 内に被写体の同じ部分を写す内部領域を 2 組設ける。一方の組の内部領域 95, 96 と他方の組の内部領域 97, 98 は、画像 91, 92 の長手方向、すなわち画像 91, 92 を合成したときに元の画像を並べた方向の両端部に配置する。次いで、各組の内部領域 95, 97 を基準領域とし内部領域 96, 98 を比較領域として、各

組毎に補正率を算出する。

【0118】最後に、図15(2)に示すように画像91, 92を重複領域を重ねて配置した場合に同じ列または行を構成する画素の濃度値が一致するように、この列または行単位で画素の濃度値を補正する。このとき、内部領域95, 96; 97, 98を通る列または行99の補正率は、内部領域95, 96; 97, 98を用いて算出したものを用い、行99間の列または行100の補正率は、内部領域95, 96; 97, 98を用いて算出された補正率を列または行99, 100間の距離に応じて補間して用いる。これら2つの手順のどちらを用いても、行列状に配置される複数の画像の全体の明るさを一致させることができる。

【0119】以下に、本発明の第3実施形態である画像処理装置を含む合成画像作成装置を説明する。第3実施形態の合成画像作成装置の電気的構成は、第1実施形態の合成画像作成装置1と等しい。同一の動作を行う装置および回路には同一の符号を付し、説明は省略する。

【0120】図16は、画像処理装置120の画像処理動作を説明するための機能的ブロック図である。中央演算処理回路9が動作プログラムを実行した場合、まず、中央演算処理回路9はマッチング手段121として動作し、入力画像列に基づいて、入力画像列の各画像の相互の対応関係を表すマッチング情報を求める。次いで、中央演算処理回路9は画像補正手段122として動作し、各画像のマッチング情報を参照して入力画像列の各画像に濃度補正処理を施すことによって、各画像の全体の明るさを合わせる。次いで中央演算処理回路9は合成手段123として動作し、マッチング情報を参照して濃度補正処理後の複数の画像を合成することによって、合成画像を作成する。最期に中央演算処理回路9は、ホワイト

$$- (R - Y) < \alpha Y$$

$$- (B - Y) < \beta Y$$

$$2Y - R - B < \gamma Y$$

$$- (2Y - R - B) < \delta Y$$

【0123】白色の色温度領域に含まれる画素は、具体的には、R-Y信号、B-Y信号、および2Y-R-B信号ならびにそれら信号の反転信号を、Y信号の値を変化させた信号と比較することによって、抽出することができる。さらに、抽出された画素の色差信号の平均値を求め、その平均値が前記座標系の原点になるようにこれら画素の色差信号を補正する補正信号を生成する。最後に、この補正信号によって合成画像を構成する全ての画素を補正する。これによって、合成画像の画素の色を正確に補正することができる。

【0124】また、ホワイトバランス補正手段124では、合成画像を処理対象とする。合成画像に写された被写体および被写体の部分が存在する範囲は入力画像列の各画像P1～Pnに写された被写体および被写体の部分がある範囲よりも広いので、各画像P1～Pnを構成す

バランス補正手段124として動作し、合成画像に対してホワイトバランス補正を行う。ホワイトバランス補正後の合成画像は、出力画像として記憶装置10に記憶される。マッチング手段121、画像補正手段122、および合成手段123の詳細な動作は、第1および第2の実施形態のマッチング手段21、画像補正手段22, 71、および合成手段23と等しい。

【0121】以下に、ホワイトバランス補正手段124における合成画像のホワイトバランス補正手法を説明する。ホワイトバランス補正手段124は、いわゆる映像信号検出方式を用い、合成画像を表す画像信号に基づいて合成画像のホワイトバランス補正を行う。映像信号検出方式では、1枚の画像のすべての画素の色の和を求める、その和が白色になることを利用して、補正を行う。たとえば、映像信号検出方式の1例である白部検出方式を以下に説明する。

【0122】白部検出方式では、概略的には、画像信号を構成するY信号(輝度信号)ならびにR-Y信号およびB-Y信号(色差信号)から白色およびそれに近い色の画素の色差成分を抽出し、抽出された色差成分の平均値を零にするように、画像を補正する。具体的には、まず、合成画像の各画素の濃度値を、縦軸がB-Y信号をY信号によって除算した商「(B-Y)/Y」であり、横軸がR-Y信号をYによって除算した商「(R-Y)/Y」である2次元座標系の座標に置換えて、置換後の座標が白色の色温度領域に含まれる画素を抽出する。白色の色温度領域は、白色の色温度軌跡を含む領域であり、式16～式19によって表される。 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ および $\delta$ は、それぞれ予め定める定数であり、全て正の値である。次式で、「2Y-R-B」は、R-Y信号およびB-Y信号の和である。

$$\dots \quad (16)$$

$$\dots \quad (17)$$

$$\dots \quad (18)$$

$$\dots \quad (19)$$

る画素の色にそれぞれ偏りがある場合でも、合成画像を構成する画素の色に偏りがないことが多い。したがって、映像信号検出方式を用いたホワイトバランス補正を行う場合、合成画像を処理対象とするほうが、画像P1, Pnを処理対象とするよりも、より正確に色を補正することができる。さらに、ホワイトバランス補正手段124は、合成された画像に対してホワイトバランス補正を行えば良いので、画像補正手段122の濃度値補正処理を従来技術の濃度値補正処理に置換えても、同じ効果を得ることができる。

【0125】本発明の第1実施形態の画像処理装置5は、合成手段23を省略することができる。この場合、この画像処理装置は、たとえば並べて比較するための複数の画像の全体の明るさを合わせるために用いられ、複数の画像P1～Pnの全体の明るさが等しくなるよう

に、画像  $P_1 \sim P_n$  の全体の明るさを、簡単な処理によって確実に補正することができる。同様の目的で、本発明の第2実施形態の画像処理装置 7 1 も、合成手段 2 3 を省略することができ、この場合、画像に反射および影ならびにシェーディング等の影響がある場合にも、多数の画像の全体の明るさを簡単な処理によって確実に補正して、ほぼ等しくすることができる。

【0126】第1～第3実施形態の画像処理装置 5, 7 1, 1 2 0 は本発明の画像処理装置の例示であり、主要な動作が等しければ、他の様々な形で実現することができる。特に各手段の詳細な動作は、同じ処理結果が得られれば、これに限らず他の動作によって実現されてもよい。また、第1～第3実施形態の画像処理装置 5, 7 1, 1 2 0 は、各手段および各部の動作を専用の個別の回路によって実行させる構成としてもよい。さらに、画像処理装置 5, 7 1, 1 2 0 は、上述の画像処理動作を実行するためのソフトウェアをコンピュータによって読み出しが可能な記憶媒体に記憶させ、この記憶媒体のソフトウェアをコンピュータにインストールすることによって実現してもよい。この記憶媒体には、CD-ROM、光磁気ディスクおよびフロッピーディスクが挙げられる。

#### 【0127】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、画像処理装置は、2枚の画像  $P_1, P_2$  の重複領域の画素の濃度の分布を表す代表値  $m_{r1}, m_{c2}$  の比  $R$  を一方の画像  $P_2$  の各画素の濃度値に乗算することによって、一対の画像  $P_1, P_2$  の全体の明るさを一致させる。これによって、従来技術の画像処理装置よりも容易かつ確実に、一対の画像の全体の明るさの補正を行うことができる。

【0128】また本発明によれば、画像処理装置は、前記代表値として平均値を用いる。これによって、画像の濃度値補正処理を安定して行うことができる。

【0129】さらにまた本発明によれば、画像処理装置は、重複領域のさらに内側の領域の画素を用いて代表値を求める。これによって、代表値から画素の欠損および信号歪みの影響を除くことができる。

【0130】また本発明によれば、画像処理装置は、重複領域の画素のうちの一部分だけを用いて代表値を定める。これによって、代表値を求める演算処理を簡略化し、画像処理を高速化することができる。

【0131】さらにまた本発明によれば、画像処理装置の各手段は、濃度値の各成分毎に処理を行う。これによって、画像  $P_1, P_2$  がカラー画像である場合にも、従来技術の画像処理装置よりも容易かつ確実に、濃度値の補正を行うことができる。

【0132】また本発明によれば、画像処理装置は、複数の画像を処理対象とする場合、2枚の画像  $P_{k-1}, P_k$  の代表値  $m_{rk-1}, m_{ck}$  の比をそれぞれ求め、それら代表値の比の見積もり誤りの割合を推定して、各代表値の比からその見積もり誤りを除くように修正し、修正

後の比に基づいて、各画像の画素の濃度値を補正する。これによって従来技術の画像処理装置よりも容易な処理によって確実に、3枚以上の画像の全体の明るさの補正を行うことができる。

【0133】さらにまた本発明によれば、補正値演算手段は、求めた複数の代表値の比  $R_2 \sim R_n$  および修正後の比をテーブルに記憶させる。これによって、画素の濃度値を補正する時点に行う演算量を減少させて、処理を簡略化することができる。

【0134】また本発明によれば、前記修正率演算手段は、複数の代表値の比と並べ順との関係を表す近似式に基づいて、前記修正率を求める。これによって、見積もり誤りの割合を求めることができる。

【0135】さらにまた本発明によれば、前記近似式は、指数関数である。これによって、被写体と光源と撮影装置との位置関係がほぼ変わらず、かつ画像に被写体の反射および影ならびにシェーディングの影響がある場合、見積もり誤りの割合を確実に求めることができる。

【0136】また本発明に従えば、画像処理装置の各手段は、濃度値の各成分毎に処理を行う。これによって複数の画像がカラー画像である場合にも、従来技術の画像処理装置よりも簡単にかつ確実に、画像の全体の明るさの補正を行うことができる。

【0137】さらにまた本発明によれば、画像処理装置は、濃度補正後の複数の画像を合成する。これによって、従来技術の画像処理装置によって合成された画像よりも、合成された画像の画質を向上させることができる。

【0138】また本発明によれば、画像処理装置は、合成された画像のホワイトバランスを補正する。これによって、映像信号検出方式を用いて、確実にホワイトバランスを補正することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態である画像処理装置 5 を含む合成画像作成装置 1 の電気的構造を表すブロック図である。

【図2】画像処理装置 5 の画像処理動作を説明するための機能的ブロック図である。

【図3】入力画像列の画像  $P_1, P_2$  を表す図、および重複領域  $q_1, q_2$  を重ねた状態の画像  $P_1, P_2$  を表す図である。

【図4】画像  $P_1, P_2$  の重複領域  $q_1, q_2$  の画素の濃度値のヒストグラムである。

【図5】ブロックマッチング法を説明するための画像  $F, G$  を表す図である。

【図6】画像補正手段 2 2 の濃度値補正動作を説明するための機能的ブロック図である。

【図7】入力画像列の画像  $P_1, P_2$  を表す図である。

【図8】第2実施形態の合成画像作成装置において入力画像列の画像を得る場合の撮影装置 3 と被写体 6 1 と光

源6 2との位置関係を表す図である。

【図9】入力画像列の画像P1～P3を表す図、および重複領域を重ねた状態の画像P1～P3を表す図である。

【図10】画像補正手段7 1の濃度値補正動作を説明するための機能的ブロック図である。

【図11】画像補正手段7 1の濃度値補正動作を説明するためのフローチャートである。

【図12】基準画像を基準とした1番目～n番目の画像P1～Pnの各画素の濃度値の比R1～Rnと、画像の並べ順の番号1～nとの関係を表すグラフである。

【図13】被写体の反射および影の影響を説明するための入力画像列の画像P1～P3を表す図である。

【図14】入力画像列の位置関係を説明するための図である。

【図15】行列状に並ぶ複数の画像を処理対象の画像とした場合の濃度補正の手法を説明するための図である。

【図16】本発明の第3実施形態である画像処理装置1

2 0の画像処理動作を説明するための機能的ブロック図である。

【符号の説明】

3 撮影装置

4 読取り装置

5, 7 1, 1 2 0 画像処理装置

9 中央演算処理回路

1 0 記憶装置

2 1, 1 2 1 マッチング手段

2 2, 7 1, 1 2 2 画像補正手段

2 3, 1 2 3 合成手段

5 1, 7 2 濃度値統計部

5 2, 7 7 濃度値補正部

7 3 補正率演算部

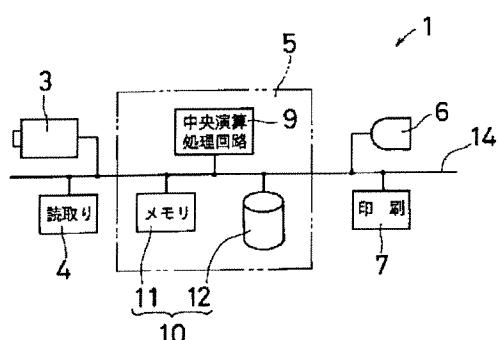
7 4 補正率テーブル

7 5 修正率演算部

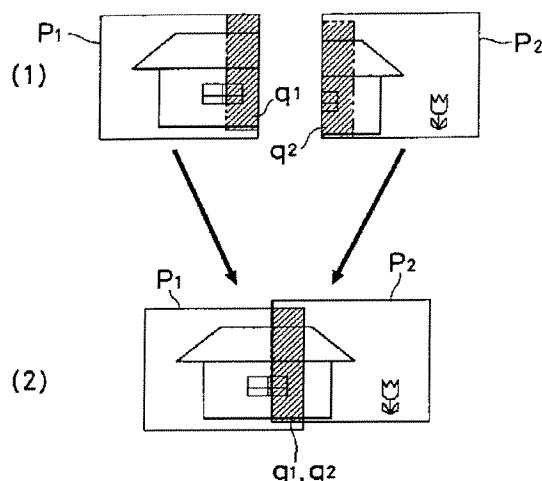
7 6 修正率テーブル修正部

1 2 4 ホワイトバランス補正手段

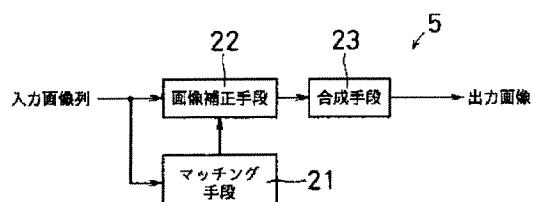
【図1】



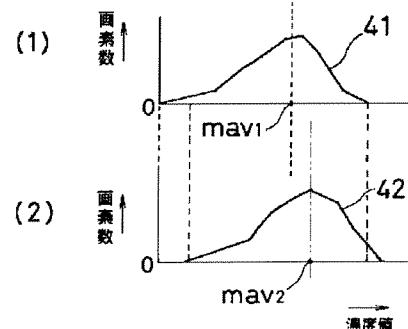
【図3】



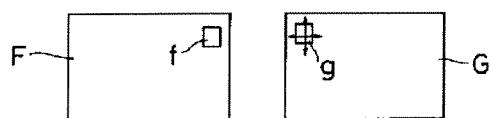
【図2】



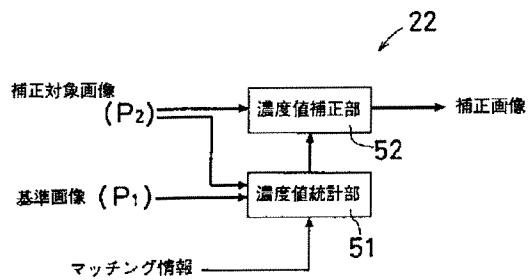
【図4】



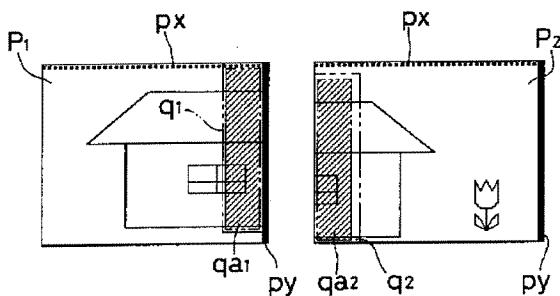
【図5】



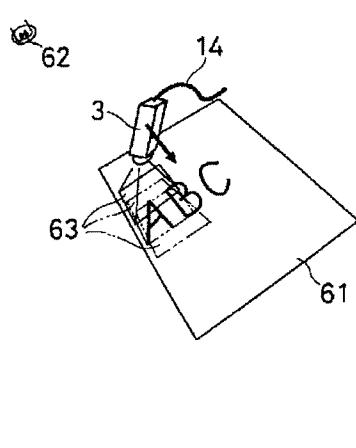
【図6】



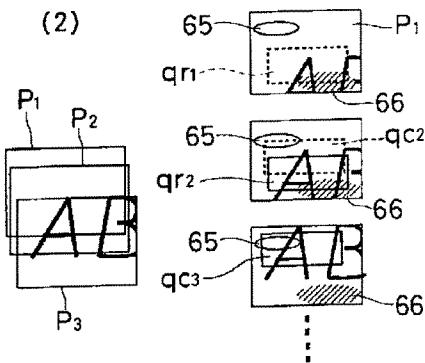
【図7】



【図8】

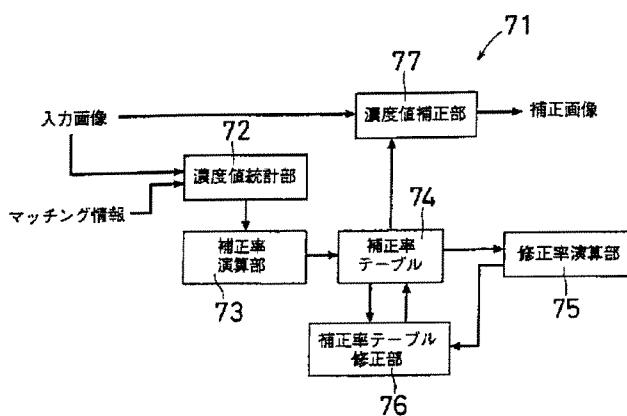


【図9】

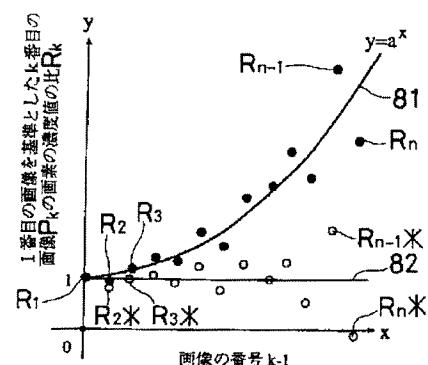


【図13】

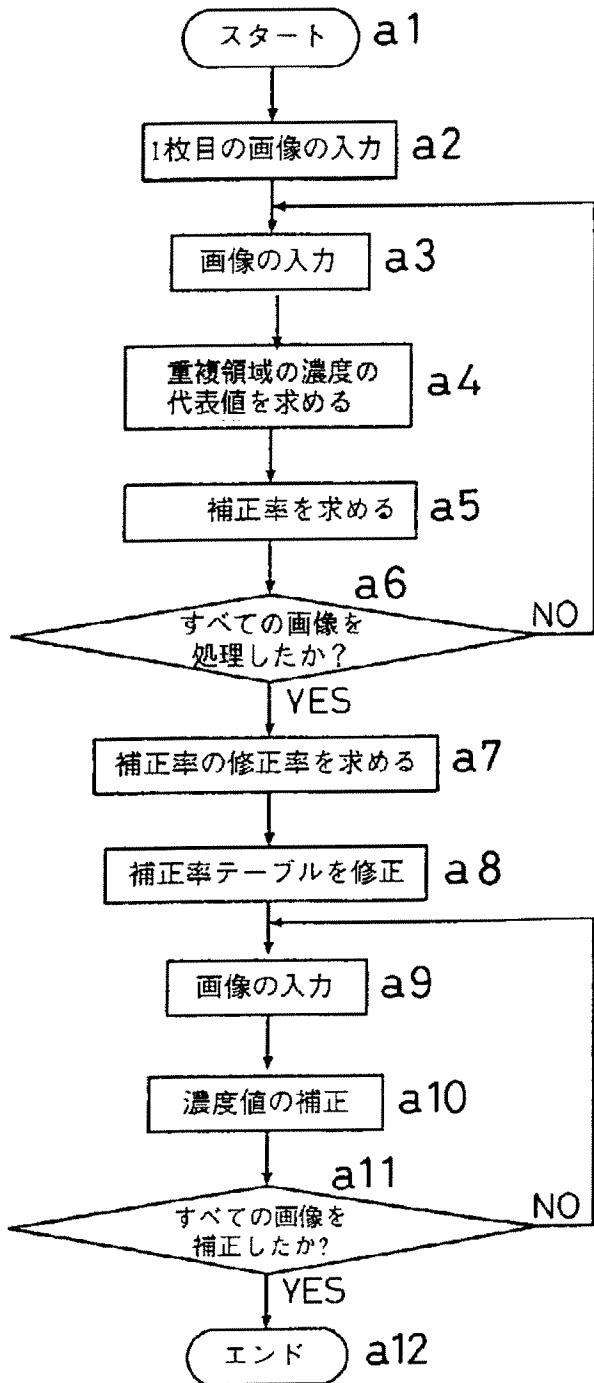
【図10】



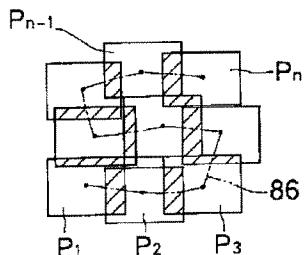
【図12】



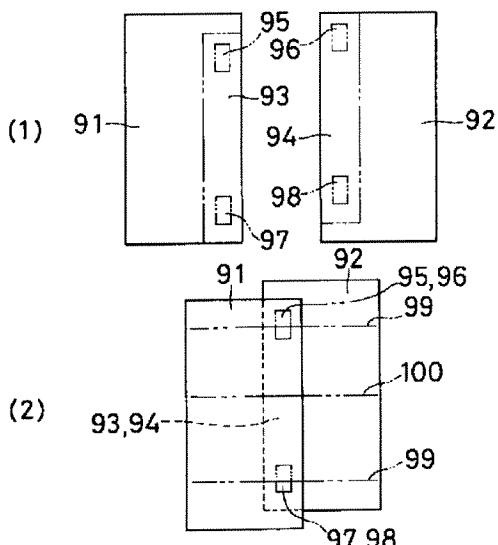
【図11】



【図14】



【図15】



【図16】

